

DESIGNING A SAMPLE PANEL OF SAFETY ELECTRICAL EQUIPMENT FOR NON-INDUSTRIAL USE

Lukáš Pala

Power Electrical and Electronic Engineering (3), FEEC BUT

E-mail: xpalal00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Radim Kadlec

E-mail: kadlec@feec.vutbr.cz

Abstract: Beside the most common miniature circuit breakers and RCDs, a protection equipment against arc-faults is widely spreading in recent years. Some manufacturers developed devices, which contain an Arc-fault Detection Devices (AFDD) and residual circuit breakers with overload protection (RCBO). This equipment protects against most common faults along with the arc-faults. This paper focuses on developing a display panel, where this unique technology can be presented to the wide public, using simulations of short circuit, ground connection and serial arc-fault applied on widely used protection switchgear. For enhanced exhibition, the panel will be equipped with an electronic-controlled lighting.

Keywords: AFDD, serial arc-fault, fault simulation, display panel

1 ÚVOD

Nejčastěji používané ochranné přístroje jako jsou pojistky, jističe, chrániče, nejsou schopné detekovat a vypnout poměrně často vyskytované a velmi nebezpečné poruchy jako jsou obloukové poruchy, které mohou iniciovat požár. Dlouhou dobu proti těmto poruchám neexistovala pasivní ochrana. Před několika lety se na evropský trh dostaly přístroje AFDD, které tuto mezeru vyplňují. Jelikož se jedná o nový produkt, není mezi odbornou ani laickou veřejností dostatečně rozšířeno povědomí o jeho vlastnostech a aplikacích. Z tohoto důvodu byl zadán vývoj prezentačního panelu, který podává informace o tomto technickém řešení pomocí reálné bezpečné simulace nejčastěji se vyskytujících poruch. Panel bude upraven pro snadnou manipulaci a převoz a doplněn ilustrační grafikou a osvětlením.

2 SIMULACE PORUCH

Podle požadavků zadání bylo navrženo technické řešení simulace poruch s ohledem na bezpečnost přítomných osob, riziko vzniku požáru a parametry sítě v místě připojení. Jedná se o simulaci zkratu, nebezpečného dotyku (zemní spojení) a sériového poruchového oblouku. Tyto poruchy budou aplikovány do zkušební linie, kde bude připojeno 5 jednofázových ochranných přístrojů – jistič, proudový chránič, kombinovaný chráničo-jistič, digitální chráničo-jistič, a proudový chránič s nadproudovou a obloukovou ochranou. Výběr těchto přístrojů odpovídá zadání.

Princip simulace spočívá v aplikaci poruchy na konec zkušební linie sestávající z 5-ti výše uvedených přístrojů. Délka trvání poruchy je softwarově omezena v PLC. Při probíhající simulaci poruchy vybavují podle druhu a parametrů poruchy jednotlivé přístroje – např. při zkratu okamžitě vybaví na zkratovou spoušť všechny přístroje s nadproudovou ochranou, tedy zůstane nevybaven pouze proudový chránič. Aby mohla simulace dále probíhat i s vypnutými přístroji, budou k nim paralelně připojeny přemostovací stykače, které je zkratují mezi vstupními a výstupními svorkami.

2.1 ZKRAT

Aby se zamezilo nežádoucímu vybavení nadřazených přístrojů v místě připojení, neprobíhá tato simulace při plném síťovém napětí, ale použitím snižovacího transformátoru s výstupním napětím několika voltů. Díky pulznímu zatížení transformátoru, kdy samotný zkrat trvá jen 3 s, je možné stroj poddimenzovat kvůli úspoře hmotnosti. V testovací linii je poté vytvořen tvrdý zkrat pomocí stykače. Hodnota sekundárního napětí byla dimenzována tak, aby vzniklý proud zasahoval za hranici začátku působení zkratové spouště jističe B10 a tím při zapnutí simulace došlo k mžikovému vybavení přístrojů se zkratovou spouští. Byla zvolena velikost proudu 55 A, jelikož přístroj proudového chrániče s nadproudovou a obloukovou ochranou se nevyrábí s menšími jmenovitými proudy než 10 A.

2.2 NEBEZPEČNÝ DOTYK

V místě připojení je předpokládána doplňková ochrana koncových obvodů proudovým chráničem 30 mA, a tedy není možné tuto poruchu simulovat zcela podle skutečnosti svodem do PE vodiče kvůli nežádoucímu vybavení nadřazeného chrániče. Místo toho byl navržen a sestaven říditelný triakový měnič, přes který prochází reziduální proud mimo přístroje ve zkušební linii (tedy mimo součtové transformátory v chráničích) do nulovacího vodiče na druhém konci linie. Pro ilustraci je panel vybaven miliampérmetrem (ve skutečnosti se jedná o voltmetr s repasovanou stupnicí připojený na mařičí rezistory) pro měření hodnoty reziduálního proudu.

2.3 SÉRIOVÝ PORUCHOVÝ OBLOUK

Vytvoření poruchového oblouku je provedeno jiskřištěm s automatickým pohonem, umístěným v uzemněném kovovém krytu s průhledným čelním plexisklem. Mezi jiskřiště a panel bude vložena nehořlavá podložka, protože materiál desky bude dřevotříska. Aby se zamezilo případnému vybavení nadřazené obloukové ochrany, bude na vstupu panelu umístěn odrušovací filtr. Při vývoji principu simulace byla využita norma ČSN EN 62606 [1], ale principy pro vytváření oblouku byly změněny.

V normě [1] jsou uvedeny tři principy zkoušení obloukových ochranných. Tyto principy vytvoření poruchového oblouku se sice velmi podobají realitě, avšak buď je u nich třeba zručného manuálního ovládání nebo jednorázových vzorků zkušebních kabelů. V rámci této práce bylo navrženo jiskřiště, které nevyžaduje ani jednu z uvedených podmínek a je vybaveno elektromotorickým pohonem s převodovkou. Problém s volbou správných elektrod byl vyřešen nalezením správné kombinace materiálů obou elektrod, kdy jedna je z wolframu a druhá je původem z kontaktního ústrojí starého jističe. Touto kombinací byly vytvořeny podmínky výboje podobné poruchovému oblouku a bylo zamezeno svaření elektrod. Bezúdržbovost je omezena odpařováním materiálu elektrody z jističe, ale platí, že není nutné elektrody nijak čistit ani dobrušovat.

3 NAPÁJENÍ, SPÍNÁNÍ, ŘÍZENÍ, MECHANICKÉ PRVKY

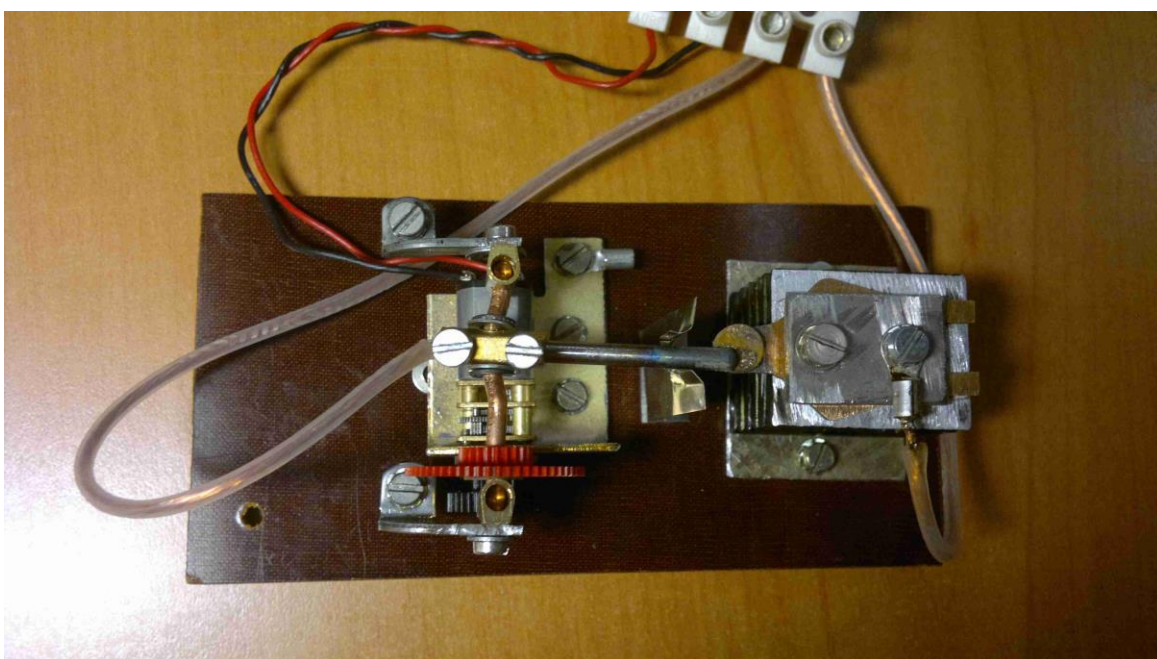
Pro usnadnění práce prezentujícího je panel vybaven spínacími a signalizačními prvky řízenými z programovatelného PLC. Na displeji se zobrazují parametry simulace a aktuální provozní stav. Ovládání zajistí přepínače, vypínače a potenciometry. Řízení LED osvětlení je provedeno pomocí speciálně vyvinutého elektronického obvodu s logickými hradly a spínacími tranzistory.

Vstupní napájení provedeno jednofázovým pohyblivým přívodem s dostatečně dlouhým kabelem. Napájení elektroniky a osvětlení zajišťují 4 zakoupené zdroje mn.

Vzhledem k požadavku na snadný transport jsou navrhovány mechanické prvky pro udržení stability, uchycení a nárazovou odolnost. Rozměr desky se řídí podle pokynů zadání. Některé přístroje a elektronika jsou umístěny ve dvou plastových rozvodnicích na zadní straně panelu.



Obrázek 1: Pracovní zapojení panelu v laboratoři s provizorním transformátorem.



Obrázek 2: Sestavený prototyp jiskřiště bez krytu.

4 ZÁVĚR

Prezentační panel bude demonstrovat reakce vybraných ochranných přístrojů na poruchy běžně se vyskytující v koncových obvodech nn. Způsob simulace poruch byl navržen s ohledem na bezpečnost a způsob jištění v místě připojení. Vzájemná koordinace a snadné ovládání si vyžádaly použití PLC, podobně jako speciální návrh zapojení a DPS elektroniky pro řízení osvětlení. Mechanické části budou poskytovat krytí, stabilitu a snadnou manipulaci, což jsou klíčové vlastnosti pro přenosné elektrické zařízení.

Při vývoji bylo nutné vyřešit mnoho problémů a navrhnout způsoby, které zatím nebyly v dostupné literatuře shrnuty. Kvůli časovému tlaku byly některé oblasti technického řešení přenechány odborníkům – např. návrh a výroba pulzně provozovaného transformátoru zadána externí firmě a zakoupeny zdroje stejnosměrného mn místo vlastního vývoje. Návrh jiskřiště představoval zásadní výzvu, jelikož způsoby vytváření oblouku, jak je uvedeno v normě [1], byly pro tuto aplikaci nevhodné kvůli požadavkům na snadnou údržbu a bezpečnost. Simulace zkratu představovala nejprve snadný úkol, avšak po zapojení na skutečné maketě byly zjištěny významné odchylky v hodnotách simulovaného zkratového proudu kvůli rozdílné konstrukci kontaktů stykačů a přístrojů v testovací linii. Tyto odchylky byly vyřešeny pečlivým návrhem délky a průřezu vodičů. Ve slaboproudé oblasti technického řešení bylo nutné přizpůsobit vstupní obvody elektroniky pro ochranu před indukovaným napětím na signálních vodičích umístěných v blízkosti silových vodičů.

Práce zahrnuje komplexní technické řešení ukázkového panelu zahrnující obory silnoproudé i slaboproudé elektrotechniky doplněné o poznatky z oboru EMC a automatizovaného řízení. Dosavadní vývoj přinesl očekávané výsledky pro zadávající stranu spolu s dodatečnou přidanou hodnotou oproti původnímu zadání. Další vývoj je zaměřen na zbylé oblasti technického řešení a na samotnou kompletaci, montáž a zkoušení.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za spolupráce s firmou Eaton elektrotechnika s.r.o. a jejích manažerů.

REFERENCE

- [1] ČSN EN 62606: *Obecné požadavky na obloukové ochrany*. Praha: ÚNMZ, 2014.
- [2] HAVELKA, Otto a kolektiv. *Elektrické přístroje*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., 1985.
- [3] KADLEC, Radim a Miroslav STEINBAUER. *Bezpečná elektrotechnika*. Brno: VUT FEKT, 2015.